

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-195071

(43)Date of publication of application : 10.07.2002

(51)Int.Cl.

F02D 41/04
B01D 53/94
F01N 3/24
F01N 3/28
F01N 7/00
F02D 21/08
F02D 41/02
F02D 45/00
F02M 25/07

(21)Application number : 2000-393090

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 25.12.2000

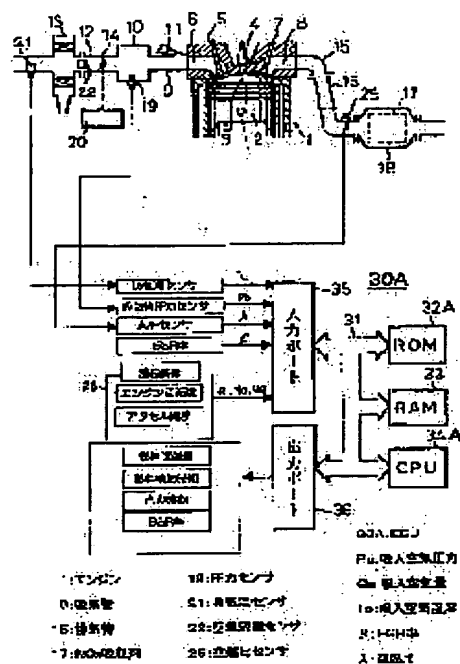
(72)Inventor : KANAZAWA YUKIKO
KATASHIBA HIDEAKI
KAWAJIRI KAZUHIKO
YONEZAWA TAKASHI

(54) INTERNAL COMBUSTION ENGINE CONTROL DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an internal combustion engine control device for improving controllability with high accuracy, carrying out estimating arithmetical operations of NO_x exhaust quantity in a short time, without increasing the cost by dispensing with the map data in a ROM.

SOLUTION: This internal-combustion engine control device has NO_x operation means 34A for carrying out estimating arithmetical operations on the NO_x exhaust quantity in an exhaust gas from the theoretical formula and the empirical formula, based on a suction air quantity Q_a , a temperature T_o of suction air, pressure P_b , the air/fuel ratio λ and an EGR rate β , and a control means for controlling at least either of a NO_x purifying catalyst 17 or a combustion state of an internal combustion engine, so as to reduce the NO_x exhaust quantity.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

24.12.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.*** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The air flow rate sensor which is prepared in an internal combustion engine's inlet pipe, and detects an inhalation air content, The temperature detection means and the pressure detection means of detecting the temperature and the pressure of inhalation air to said internal combustion engine, An air-fuel ratio detection means for it to be prepared in said internal combustion engine's exhaust pipe, and to detect the air-fuel ratio in exhaust gas, An EGR rate detection means to detect the EGR rate of the exhaust gas which flowed back to inhalation of air, From the theoretical formula and empirical formula based on the NOx purification catalyst prepared in said internal combustion engine's exhaust pipe, and the temperature and the pressure, said air-fuel ratio and EGR rate of said inhalation air content and said inhalation air The internal combustion engine control unit equipped with the NOx operation means which carries out the presumed operation of the NOx discharge in said exhaust gas, and the control means which controls either [at least] said NOx purification catalyst or said internal combustion engine's combustion condition to reduce said NOx discharge.

[Claim 2] Said theoretical formula and said empirical formula are an internal combustion engine control unit according to claim 1 characterized by including the correction factor which changes depending on either [at least] said internal combustion engine's configuration, or combustion mode.

[Claim 3] Said combustion mode is an internal combustion engine control unit according to claim 2 characterized by including stratification combustion mode and homogeneity combustion mode.

[Claim 4] Said NOx operation means is an internal combustion engine control unit given in either from claim 1 characterized by carrying out the presumed operation of the NOx discharge in said exhaust gas based on said oxygen density, said nitrogen concentration, and said temperature of combustion while carrying out the presumed operation of the oxygen density, the nitrogen concentration, and the temperature of combustion of combustion gas in said internal combustion engine from said theoretical formula and said empirical formula to claim 3.

[Claim 5] Said control means is an internal combustion engine control unit given in either from claim 1 characterized by controlling said NOx purification catalyst to claim 4 by controlling said air-fuel ratio.

[Claim 6] Said control means is an internal combustion engine control unit given in either from claim 1 characterized by controlling at least one of said internal combustion engine's fuel oil consumption, fuel injection timing, ignition timing, and said the EGR rates as said internal combustion engine's combustion condition to claim 5.

[Claim 7] Said air-fuel ratio detection means is an internal combustion engine control unit given in either from claim 1 characterized by including the air-fuel ratio sensor which is formed in the exhaust pipe of the upstream rather than said NOx purification catalyst, and outputs the oxygen density detecting signal according to the oxygen density in said exhaust gas, and the air-fuel ratio operation means which carries out the presumed operation of said air-fuel ratio based on said oxygen density detecting signal to claim 6.

[Claim 8] Said air-fuel ratio detection means is an internal combustion engine control unit given in either from claim 1 characterized by including the air-fuel ratio operation means which carries

out the presumed operation of said air-fuel ratio from said internal combustion engine's fuel oil consumption and said inhalation air content to claim 6.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to a short time and the internal combustion engine control unit which could carry out the presumed operation of the NOx discharge with high precision, and realized improvement in a controllability about the internal combustion engine control unit using the NOx purification catalyst which carries out reduction processing of NOx in an exhaust gas (nitrogen oxides), without causing the cost rise especially accompanying expansion of memory space.

[0002]

[Description of the Prior Art] An amount presumption means of NOx to presume the amount of NOx absorbed by the NOx adsorbent is used so that this conventional kind of internal combustion engine control unit may be referred to at the patent official report No. 2586739.

[0003] Drawing 3 is the block block diagram showing equipment conventionally [above-mentioned], and shows the case where it applies to a gasoline engine. In addition, although it is shown only in relation to one gas column in order to avoid complicatedness, it shall have the same configuration for two or more gas columns of every here.

[0004] In drawing 3, the engine 1 which constitutes an internal combustion engine's body has a piston 2, a combustion chamber 3, an ignition plug 4, the inlet valve 5, the suction port 6, the exhaust valve 7, and the exhaust air port 8.

[0005] The suction port 6 is connected with the surge tank 10 through the corresponding inlet pipe 9, and the fuel injection valve 11 which injects a fuel towards the inside of a suction port 6 is attached in the inlet pipe 9.

[0006] A surge tank 10 is connected with an air cleaner 13 through an air intake duct 12, and the throttle valve 14 is arranged in the air intake duct 12. Moreover, in the air intake duct 12, the air flow rate sensor (not shown) which detects an inhalation air content is prepared.

[0007] On the other hand, the exhaust air port 8 is connected to the casing 18 in which the NOx absorbent 17 was built through the discharge manifold 15 and the exhaust pipe 16. The NOx absorbent 17 absorbs NOx in exhaust gas, and functions as an NOx purification catalyst.

[0008] The electronic control unit (ECU) 30 consisted of a digital computer, and is equipped with ROM32, RAM33, CPU34, the input port 35 and the output port 36 which were mutually connected by the bidirectional bus 31, A/D converters 37 and 38 inserted in the input side of input port 35, and the drive circuit 39 inserted in the output side of an output port 36.

[0009] In the surge tank 10, the pressure sensor 19 which generates the output voltage proportional to the absolute pressure in a surge tank 10 is attached, and the output voltage of a pressure sensor 19 is inputted into input port 35 through A-D converter 37.

[0010] Moreover, the air-fuel ratio sensor 25 is attached in the exhaust pipe 16, and the output voltage of the air-fuel ratio sensor 25 is inputted into it through A-D converter 38 in input port 35.

[0011] Furthermore, between the exhaust pipe 16 and the inlet pipe 9, EGR tubing (not shown) of the common knowledge for making a part of exhaust gas return to an inlet pipe 9 is formed, and the EGR valve for adjusting the amount of EGR(s) is prepared in EGR tubing.

[0012] On the other hand, the idle switch 20 which detects that a throttle valve 14 is idling opening is attached in the throttle valve 14, and the output signal of an idle switch 20 is inputted into input port 35. Similarly, the output signal (engine speed Ne) of the engine-speed sensor 26 is inputted into input port 35.

[0013] Hereafter, the outline actuation by equipment is explained conventionally which was shown in drawing 3, referring to the explanatory view of drawing 4 and drawing 5. In addition, conventionally, about the detailed control action of equipment, since it is well-known, it omits here, as indicated by the above-mentioned patent official report.

[0014] CPU34 in ECU30 constitutes the amount presumption means of NOx in relation to ROM32 and RAM33, and calculates the amount of NOx absorbed by the NOx absorbent 17 by the presumed operation.

[0015] That is, since it is difficult to carry out direct detection of the amount of NOx absorbed by the NOx absorbent 17, the amount of NOx in the exhaust gas discharged from the engine 1 is calculated, and the amount of NOx absorbed in the NOx absorbent 17 from the amount of NOx in exhaust gas is presumed.

[0016] Generally, since the amount of exhaust gas discharged by per unit time amount from an engine 1 increases, the amount of NOx discharged by per unit time amount from an engine 1 also increases as an engine speed Ne becomes high, so that an engine speed Ne becomes high.

[0017] Moreover, since the amount of exhaust gas by which it is discharged from a combustion chamber 3 that an engine load becomes higher (that is, the absolute pressure PM in a surge tank 10 becomes high) increases and combustion temperature becomes high, the amount of NOx in which it is discharged by per unit time amount from an engine 1 that an engine load becomes larger (the absolute pressure PM in a surge tank 10 becomes high) increases.

[0018] Drawing 4 is the explanatory view showing the size of the amount of NOx discharged by per unit time amount from an engine 1, relates with the absolute pressure PM (axis of ordinate) and the engine speed Ne (axis of abscissa) in a surge tank 10 the value calculated by experiment, and shows it.

[0019] In drawing 4, each continuous curve shows the same amount of NOx. Like drawing 4, the amount of NOx discharged by per unit time amount from an engine 1 increases, so that the absolute pressure PM in a surge tank 10 becomes high, and it increases, so that an engine speed Ne becomes high.

[0020] In addition, the amount of NOx shown in drawing 4 is beforehand memorized in ROM32 in the form of the map data N11-Nij as shown in drawing 5.

[0021] Moreover, since map data like drawing 5 change with other various operational status, when they tend to calculate the exact amount of NOx from a map operation, they will need great memory space and will cause a cost rise.

[0022]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] As mentioned above, since the conventional internal combustion engine control device had memorized the map data applied with the amount presumption means of NOx in ECU30 as map data N11-Nij like drawing 5, it needed to create for every operational status of an engine 1, and needed to be made to memorize in ROM32, much time and effort and time amount were needed, and it had the trouble of causing a cost rise.

[0023] This invention was made in order to solve the above troubles, it makes unnecessary the map data of the huge amount made to memorize in ROM, and it aims at obtaining a short time and the internal combustion engine control unit which carried out the presumed operation of the NOx discharge with high precision, and raised the controllability, without causing a cost rise.

[0024]

[Means for Solving the Problem] The internal combustion engine control unit concerning claim 1 of this invention The air flow rate sensor which is prepared in an internal combustion engine's inlet pipe, and detects an inhalation air content, The temperature detection means and the pressure detection means of detecting the temperature and the pressure of inhalation air to an internal combustion engine, An air-fuel ratio detection means for it to be prepared in an internal combustion engine's exhaust pipe, and to detect the air-fuel ratio in exhaust gas, An EGR rate

detection means to detect the EGR rate of the exhaust gas which flowed back to inhalation of air, The NOx operation means which carries out the presumed operation of the NOx discharge in exhaust gas from the theoretical formula based on the NOx purification catalyst prepared in an internal combustion engine's exhaust pipe, and the temperature and the pressure, air-fuel ratio and EGR rate of an inhalation air content and inhalation air, and an empirical formula, It has the control means which controls either [at least] an NOx purification catalyst or an internal combustion engine's combustion condition so that an NOx discharge may be reduced.

[0025] Moreover, as for the internal combustion engine control unit concerning claim 2 of this invention, in claim 1, a theoretical formula and an empirical formula contain the correction factor which changes depending on either [at least] an internal combustion engine's configuration or combustion mode.

[0026] Moreover, in the internal combustion engine control unit concerning claim 3 of this invention, in claim 2, combustion mode contains stratification combustion mode and homogeneity combustion mode.

[0027] Moreover, in either from claim 1 to claim 3, the internal combustion engine control unit concerning claim 4 of this invention carries out the presumed operation of the NOx discharge in exhaust gas based on an oxygen density, nitrogen concentration, and the temperature of combustion while an NOx operation means carries out the presumed operation of the oxygen density, the nitrogen concentration, and the temperature of combustion of combustion gas in an internal combustion engine from a theoretical formula and an empirical formula.

[0028] Moreover, in either from claim 1 to claim 4, the internal combustion engine control unit concerning claim 5 of this invention controls an NOx purification catalyst, when a control means controls an air-fuel ratio.

[0029] Moreover, in the internal combustion engine control unit concerning claim 6 of this invention, in either from claim 1 to claim 5, a control means controls at least one of an internal combustion engine's fuel oil consumption, fuel injection timing, ignition timing, and the EGR rates as an internal combustion engine's combustion condition.

[0030] Moreover, the internal combustion engine control unit concerning claim 7 of this invention includes the air-fuel ratio sensor which an air-fuel ratio detection means is established in the exhaust pipe of the upstream rather than an NOx purification catalyst, and outputs the oxygen density detecting signal according to the oxygen density in exhaust gas, and the air-fuel ratio operation means which carries out the presumed operation of the air-fuel ratio based on an oxygen density detecting signal in either from claim 1 to claim 6.

[0031] Moreover, the internal combustion engine control unit concerning claim 8 of this invention includes an air-fuel ratio operation means by which an air-fuel ratio detection means carries out the presumed operation of the air-fuel ratio from an internal combustion engine's fuel oil consumption and inhalation air content, in either from claim 1 to claim 6.

[0032]

[Embodiment of the Invention] The gestalt 1 of implementation of this invention is explained to a detail below gestalt 1. of operation, referring to a drawing.

[0033] Drawing 1 is the block block diagram showing the gestalt 1 of implementation of this invention, about the same thing as the above-mentioned (refer to drawing 3), it attaches the same sign, or attaches "A" after a sign, and omits a detailed explanation.

[0034] In addition, A/D converters 37 and 38 and the drive circuit 39 (refer to drawing 3) in ECU30A are not illustrated here for simplification.

[0035] In drawing 1 , the intake temperature sensor 21 which detects the temperature To of inhalation air is formed in the upstream of the air cleaner 13 in an inlet pipe 9. Moreover, the air flow rate sensor (intake air flow sensor) 22 which detects the flow rate Qa of inhalation air is formed in the downstream of the air cleaner 13 in an inlet pipe 9.

[0036] A pressure sensor 19 detects the pressure Pb in an inlet pipe 9 as a pressure of inhalation air, and functions as an intake-pressure sensor substantially. The inhalation air pressure Pb, the inhalation air temperature To, and the inhalation air content Qa are inputted into the input port 35 in ECU30A as various sensor information which shows the operational status of an engine 1 with the air-fuel ratio lambda from the air-fuel ratio sensor 25.

[0037] Moreover, the EGR sensor which detects an EGR rate is formed as various sensor means from the opening beta of the EGR valve for the amount adjustment of EGR(s) with EGR tubing (not shown), and the EGR rate which shows the amount of exhaust gas which flowed back to inhalation of air is inputted into input port 35.

[0038] Furthermore, as a service condition, an engine speed Ne and not only the accelerator opening alpha but the inhalation air content Qa from an intake air flow sensor etc. is inputted into input port 35.

[0039] CPU34A in ECU30A includes the NOx operation means which carries out the presumed operation of the NOx discharge in exhaust gas from the theoretical formula based on the inhalation air content Qa, the inhalation air temperature To and the inhalation air pressure Pb, and an air-fuel ratio lambda and an EGR rate (EGR opening beta), and an empirical formula (it mentions later).

[0040] Moreover, CPU34A includes the control means which controls either [at least] the NOx purification catalyst 17 or the combustion condition of an engine 1 so that an NOx discharge may be reduced.

[0041] Here, the theoretical formula and the empirical formula are beforehand stored in ROM32A, and contain the correction factor which changes depending on either [at least] the configuration of an engine 1, or combustion mode.

[0042] As combustion mode, the stratification combustion mode in the case of the injection engine in a cylinder, the homogeneity combustion mode at the time of the usual SUTOIKI operation control, etc. are raised, for example.

[0043] Moreover, the NOx operation means in CPU34A carries out the presumed operation of the NOx discharge in exhaust gas based on an oxygen density, nitrogen concentration, and the temperature of combustion while carrying out the presumed operation of the oxygen density, the nitrogen concentration, and the temperature of combustion of combustion gas in an engine 1 from a theoretical formula and an empirical formula.

[0044] The control means in CPU34A controls the NOx purification catalyst 17 by controlling for example, the air-fuel ratio lambda.

[0045] Moreover, the control means in CPU34A controls at least one of the fuel oil consumption of an engine 1, fuel injection timing, ignition timing, and the EGR rates as a combustion condition of an engine 1.

[0046] The air-fuel ratio detection means is constituted from the NOx purification catalyst 17 by the air-fuel ratio sensor 25 which is formed in the exhaust pipe 16 of the upstream and outputs the oxygen density detecting signal according to the oxygen density in exhaust gas, and the air-fuel ratio operation means in CPU34A which carries out the presumed operation of air-fuel ratio A/F based on an oxygen density detecting signal, as illustrated.

[0047] Moreover, an air-fuel ratio detection means may be constituted from the fuel oil consumption and the inhalation air content Qa of an engine 1 by the air-fuel ratio operation means in CPU34A which carries out the presumed operation of air-fuel ratio A/F.

[0048] Next, presumed operation actuation of the NOx discharge by the gestalt 1 of implementation of this invention shown in drawing 1 is explained.

[0049] First, NOx (nitrogen oxides) generated with an engine 1 has main TSUERUDOBITCHI (Zeldvich) NO (nitrogen monoxide), and the reaction mechanism is expressed with the following formulas (1) and (2).

[0050]

[Equation 1]



[0051] Moreover, the generation rate of NO based on a formula (1) and (2) is expressed with the following formulas (3) and (4).

[0052]

[Equation 2]

$$\frac{d[\text{NO}]}{dt} = k[\text{N}_2][\text{O}_2]^{1/2} \quad (\text{kmol/m}^3\text{s}) \quad (3)$$

$$k = 4.52 \times 10^{15} T^{-1/2} \exp\left(-\frac{69460}{T}\right) \quad (4)$$

[0053] In a formula (3), [NO], [N₂], and [O₂] show the concentration of NO, N₂ (nitrogen), and O₂ (oxygen), and T shows temperature in a formula (4), respectively.

[0054] Here, the combustion reaction mechanism in an engine 1 is expressed with the following formulas (5).

[0055]

[Equation 3]

$$\begin{aligned} & \text{C}_8\text{H}_{18} + \frac{\lambda}{15} (12.5\text{O}_2 + 47\text{N}_2) + \beta \{8\text{CO}_2 + 9\text{H}_2\text{O} + 12.5\left(\frac{\lambda}{15} - 1\right)\text{O}_2 + 47\frac{\lambda}{15}\text{N}_2\} \\ & \rightarrow (1+\beta)\{8\text{CO}_2 + 9\text{H}_2\text{O} + 12.5\left(\frac{\lambda}{15} - 1\right)\text{O}_2 + 47\frac{\lambda}{15}\text{N}_2\} \end{aligned} \quad (5)$$

[0056] In a formula (5), beta is an EGR rate and lambda is an air-fuel ratio. Moreover, each concentration [N₂] of N₂ and O₂ and [O₂] (kmol/m³) are expressed with the following formulas (6) and (7).

[0057]

[Equation 4]

$$[\text{N}_2] = \frac{47(\lambda/15)(1+\beta)\epsilon P \times 273/T_0}{22.4(1+\beta)(4.5+59.5(\lambda/15))} = \frac{47(\lambda/15)\epsilon P \times 273/T_0}{22.4(4.5+59.5(\lambda/15))} \quad (6)$$

$$[\text{O}_2] = \frac{12.5((\lambda/15)-1)(1+\beta)\epsilon P \times 273/T_0}{22.4(1+\beta)(4.5+59.5(\lambda/15))} = \frac{0.558 \times ((\lambda/15)-1)\epsilon P \times 273/T_0}{(4.5+59.5(\lambda/15))} \quad (7)$$

[0058] In a formula (6) and (7), in epsilon, a compression ratio and P (atm) express a MAP and T₀ (K) expresses an intake-air temperature. Moreover, nitrogen concentration [N₂] is expressed with the following formulas (8) in approximation.

[0059]

[Equation 5]

$$[\text{N}_2] = \frac{47\epsilon P \times 273/T_0}{22.4 \times 64} = \frac{8.95 \epsilon P}{T_0} \quad (8)$$

[0060] The concentration [NO] of NO emitted to per each above-mentioned formula (3), (4), (7), and (8) to 1 stroke (at the time of combustion) is expressed with the following formulas (9) and (10).

[0061]

[Equation 6]

$$[\text{NO}] = \frac{60}{n_E} \times 4.52 \times 10^{15} \times T^{-1/2} \exp\left(-\frac{69460}{T}\right) \times \frac{8.95 \epsilon P}{T_0} \times \left[\frac{0.558 \times ((\lambda/15)-1)\epsilon P \times 273/T_0}{4.5+59.5(\lambda/15)} \right]^{1/2} \quad (\text{kmol/m}^3) \quad (9)$$

$$= \frac{3.0 \times 10^{19}}{n_E} T^{-1/2} \exp\left(-\frac{69460}{T}\right) \times \left[\frac{(\lambda/15)-1}{4.5+59.5(\lambda/15)} \right]^{1/2} \epsilon^{3/2} P^{3/2} T_0^{-3/2} \quad (10)$$

[0062] In a formula (9) and (10), n_E (rpm) shows an engine speed Ne. Here, when fuel oil consumption per one stroke is set to G_f (kg), the NO burst size G_{no} per one stroke in a four stroke cycle engine (kg) is expressed with the following formulas (11) and (12).

[0063]

[Equation 7]

$$G_{no} = \frac{[\text{NO}]}{2} (\text{kmol/m}^3) \times M_{\text{NO}} (\text{kg/kmol}) \times \text{排出ガス量} (\text{m}^3)$$

$$= \frac{3.0 \times 10^{19}}{2n_E} T^{-1/2} \exp\left(-\frac{69460}{T}\right) \times \left[\frac{(\lambda/15)-1}{4.5+59.5(\lambda/15)}\right]^{1/2} \\ \times \varepsilon^{3/2} \times P^{3/2} \times T_0^{-3/2} \times 30 \times \left\{ \frac{G_f}{114} \times \left(4.5+59.5\frac{\lambda}{15}\right) \times 22.4 \right\} (\text{kg}) \quad (11)$$

$$= \frac{8.84 \times 10^{19}}{n_E} T^{-1/2} \exp\left(-\frac{64900}{T}\right) \times \{((\lambda/15)-1)(4.5+59.5(\lambda/15))\}^{1/2} \\ \times G_f \times \varepsilon^{3/2} \times P^{3/2} \times T_0^{-3/2} (\text{kg}) \quad (12)$$

[0064] Moreover, the NO total amount $G_{no}T$ (kg) discharged per unit time amount is expressed with the following formulas (13) and (14).

[0065]

[Equation 8]

$$G_{no}T = CG_{no} \frac{n_E}{60} \quad (13)$$

$$= 14.7 \times 10^{17} \times T^{-1/2} \exp\left(-\frac{64900}{T}\right) \times \{(\lambda/15-1)(4.5+59.5(\lambda/15))\}^{1/2} \\ \times G_f \times \varepsilon^{3/2} \times P^{3/2} \times T_0^{-3/2} \times C (\text{kg/s}) \quad (14)$$

[0066] In a formula (13) and (14), C is a correction factor. Moreover, as temperature T, the highest adiabatic flame temperature in case there is no heat loss typically is used, and flame temperature T is expressed with following formula (15) – (17) using the average specific heat at constant pressure C_p , an intake-air temperature T_0 , and polytropic-index kappa.

[0067]

[Equation 9]

$$T = \left(\frac{\Delta H}{c_p G} + T_0 \right) \times \varepsilon^{\kappa-1} \quad (15)$$

$$= \left(\frac{10670 \times 0.114}{c_p(1+\beta)\{8 \times 0.044 + 9 \times 0.018 + 12.5(\lambda/15-1) \times 0.032 + 47 \times 0.028(\lambda/15)\}} + T_0 \right) \times \varepsilon^{\kappa-1} \quad (16)$$

$$= \left(\frac{1216}{c_p(1+\beta)(0.114+0.916(\lambda/15))} + T_0 \right) \times \varepsilon^{\kappa-1} \quad (17)$$

c_p : 平均定圧比熱(kcal/kg°C)

T_0 : 吸気温度(K)

κ : ポリトロップ指数

[0068] Here, the average specific heat at constant pressure C_p is approximated by the following formulas (18).

[0069]

[Equation 10]

$$c_p = 0.518 - 0.219(\lambda/15) + 0.0521(\lambda/15)^2 \quad (18)$$

[0070] Therefore, flame temperature T is expressed with the following formulas (19) and (20).

[0071]

[Equation 11]

$$T = \left[\frac{1216}{(0.518 - 0.219(\lambda/15) + 0.0521(\lambda/15)^2)(1 + \beta)(0.114 + 0.916(\lambda/15))} + T_0 \right] \times \varepsilon^{\kappa-1} \quad (19)$$

$$= [1216(1 - \beta)\{3.305 - 0.5346(\lambda/15)\} + T_0] \times \varepsilon^{\kappa-1} \quad (20)$$

[0072] If a formula (20) is substituted for the above-mentioned formula (14), the following formulas (21) will be obtained.

[0073]

[Equation 12]

$$G_{noT} = 6.88 \times 10^{17} \times ([1216(1 - \beta)\{3.305 - 0.5346(\lambda/15)\} + T_0] \times \varepsilon^{\kappa-1})^{1/2} \\ \times \exp \left[-\frac{64900}{[1216(1 - \beta)\{3.305 - 0.5346(\lambda/15)\} + T_0] \times \varepsilon^{\kappa-1}} \right] \\ \times \{(\lambda/15 - 1)(4.5 + 59.5(\lambda/15))\}^{1/2} \times G_f \times \varepsilon^{3/2} \times P^{3/2} \times T_0^{-3/2} \times C \quad (kg/s) \quad (21)$$

[0074] If a formula (21) is further expressed with an approximate expression, it will become like following formula (22) - (24).

[0075]

[Equation 13]

$$G_{noT} = f(\lambda)g(\beta)h(\varepsilon)i(T_0) \times P^{3/2} \times G_f \times C \quad (22)$$

$$= 14.7 \times 10^{17}$$

$$\times (-1.839 \times 10^{-7} + 4.2374 \times 10^{-8} \lambda - 3.9847 \times 10^{-9} \lambda^2$$

$$+ 1.9701 \times 10^{-10} \lambda^3 - 5.415 \times 10^{-12} \lambda^4 + 7.8535 \times 10^{-14} \lambda^5 - 4.698 \times 10^{-16} \lambda^6)$$

$$\times (1 - 14.27\beta + 69.16\beta^2 - 110.97\beta^3)$$

$$\times (1.693 - 0.004644T_0 + 7.776 \times 10^{-6}T_0^2)$$

$$\times (-6.26 + 1.98\varepsilon) \times P^{3/2} \times G_f \times C \quad (23)$$

$$G_{noT} = f(\lambda)g(\beta)h(\varepsilon)i(T_0) \times P^{3/2} \times G_f \times C$$

$$= (-1.839 \times 10^{-7} + 4.2374 \times 10^{-8} \lambda - 3.9847 \times 10^{-9} \lambda^2$$

$$+ 1.9701 \times 10^{-10} \lambda^3 - 5.415 \times 10^{-12} \lambda^4 + 7.8535 \times 10^{-14} \lambda^5 - 4.698 \times 10^{-16} \lambda^6)$$

$$\times (1 - 14.27\beta + 69.16\beta^2 - 110.97\beta^3)$$

$$\times (1.693 - 0.004644T_0 + 7.776 \times 10^{-6}T_0^2)$$

$$\times (-6.26 + 1.98\varepsilon) \times P^{3/2} \times G_f \times C_0 \quad (24)$$

[0076] Formula (22) In - (24), C and C_0 are correction factors, and they change depending on the configuration of an engine 1, combustion mode (stratification combustion, homogeneity combustion), etc.

[0077] In this way, by calculating the amount of NOx discharged by per unit time amount based on a formula (21), (23), or (24), and integrating this from the detected air-fuel ratio lambda, EGR rate beta, the inhalation air pressure Pb, and the inhalation air temperature To, as shown in the following formulas (25) and (26), the presumed operation of the total NOx discharge QNT is carried out.

[0078]

[Equation 14]

$$QNT = \int G_{noT} dt \quad (25)$$

$$= \sum G_{noT} \Delta t \quad (26)$$

[0079] Next, the NOx procedure by the gestalt 1 of implementation of this invention is explained, referring to the flow chart of drawing 2. In drawing 2, the operational status (the accelerator opening alpha, EGR rate beta, an air-fuel ratio lambda, engine-speed Ne, the pressure-of-induction-pipe force Pb, the inhalation air content Qa, intake-air temperature To, etc.) of an engine 1 is first detected from various sensor means (step S1).

[0080] Then, according to operational status, the target torque Tqo is set up (step S2), target air-fuel ratio lambdaao is set up (step S3), and target EGR opening betao is set up (step S4).

[0081] Next, like above-mentioned formula (6) - (10), while carrying out the presumed operation of the NOx (NO) concentration [NO] of the combustion gas in an engine 1, an oxygen density [O2], and the nitrogen concentration [N2], as shown in the above-mentioned formula (19) and (20), a presumed operation is carried out, using the highest adiabatic flame temperature T in case there is no heat loss as the temperature of combustion (step S5).

[0082] Hereafter, based on oxygen density [O2], nitrogen concentration [N2], and temperature-of-combustion T, like above-mentioned formula (22) - (26), an air-fuel ratio lambda is controlled and the NOx purification catalyst 17 is controlled to carry out the presumed operation of the NOx discharge QNT in exhaust gas (step S6), and to be able to purify the NOx discharge QNT (step S7).

[0083] Thus, the NOx discharge QNT can be calculated to a short time and high degree of accuracy, without increasing memory space by using the theoretical formula and empirical formula based on the air-fuel ratio lambda, EGR rate beta, the inhalation air pressure Pb, and the inhalation air temperature To from various sensor means.

[0084] That is, there is no need of create a huge quantity of the map data set by various operation modes, and control according to the engine 1 of each [short time] with it easy [to only adjust using some kinds of correction factors (for example, to refer to C in a formula (23)) corresponding to change of the configuration of combustion mode (stratification combustion, homogeneity combustion) and an engine 1 etc.] and can be perform.

[0085] Therefore, according to the highly precise NOx discharge QNT by which the presumed operation was carried out, the NOx purification catalyst 17 can be controlled effectively in a short time, and the NOx discharge QNT can be mitigated.

[0086] In addition, although the case where the NOx purification catalyst 17 was controlled was shown according to the NOx discharge QNT, the combustion condition control input of an engine 1 may be controlled here to mitigate the NOx discharge QNT.

[0087] In this case, as a combustion condition control input controlled by ECU30A, the fuel oil consumption shown in drawing 1, fuel injection timing, ignition timing, an EGR rate, etc. are gathered, for example.

[0088] Moreover, although the air-fuel ratio sensor 25 formed in the exhaust pipe 15 of the upstream of the NOx purification catalyst 17 was used as an air-fuel ratio detection means, you may calculate using the inhalation air content Qa from an air flow rate sensor 22 prepared in the inlet pipe 9, and the fuel-injection controlled variable by ECU30A.

[0089] In this case, the presumed operation of the air-fuel ratio lambda will be carried out into ECU30A from the air-flow-rate detection value Qa and fuel oil consumption (controlled variable

of ECU30A).

[0090] Furthermore, although the NOx absorbent 17 was used as an NOx purification catalyst, other NOx purification catalysts may be used.

[0091]

[Effect of the Invention] As mentioned above, the air flow rate sensor which according to claim 1 of this invention is prepared in an internal combustion engine's inlet pipe, and detects an inhalation air content, The temperature detection means and the pressure detection means of detecting the temperature and the pressure of inhalation air to an internal combustion engine, An air-fuel ratio detection means for it to be prepared in an internal combustion engine's exhaust pipe, and to detect the air-fuel ratio in exhaust gas, An EGR rate detection means to detect the EGR rate of the exhaust gas which flowed back to inhalation of air, The NOx operation means which carries out the presumed operation of the NOx discharge in exhaust gas from the theoretical formula based on the NOx purification catalyst prepared in an internal combustion engine's exhaust pipe, and the temperature and the pressure, air-fuel ratio and EGR rate of an inhalation air content and inhalation air, and an empirical formula, Since the map data of the huge amount which is equipped with the control means which controls either [at least] an NOx purification catalyst or an internal combustion engine's combustion condition, and is made to memorize in ROM were made unnecessary so that an NOx discharge might be reduced It is effective in a short time and the internal combustion engine control unit which could carry out the presumed operation of the NOx discharge with high precision, and raised the controllability being obtained, without causing a cost rise.

[0092] Moreover, in claim 1, since the correction factor which changes depending on either [at least] an internal combustion engine's configuration or combustion mode is included, a theoretical formula and an empirical formula are effective in a short time and the internal combustion engine control unit which could carry out the presumed operation of the NOx discharge with high precision, and raised the controllability being obtained according to claim 2 of this invention, without causing a cost rise.

[0093] Moreover, in claim 2, since stratification combustion mode and homogeneity combustion mode are included, combustion mode is effective in a short time and the internal combustion engine control unit which could carry out the presumed operation of the NOx discharge with high precision, and raised the controllability being obtained according to claim 3 of this invention, without causing a cost rise.

[0094] According to claim 4 of this invention, it sets to either from claim 1 to claim 3. Moreover, an NOx operation means While carrying out the presumed operation of the oxygen density, the nitrogen concentration, and the temperature of combustion of combustion gas in an internal combustion engine from a theoretical formula and an empirical formula Since it was made to carry out the presumed operation of the NOx discharge in exhaust gas based on an oxygen density, nitrogen concentration, and the temperature of combustion, it is effective in a short time and the internal combustion engine control unit which could carry out the presumed operation of the NOx discharge with high precision, and raised the controllability being obtained, without causing a cost rise.

[0095] Moreover, since the NOx purification catalyst was controlled by controlling an air-fuel ratio in either from claim 1 to claim 4 according to claim 5 of this invention, it is effective in a short time and the internal combustion engine control unit which could carry out the presumed operation of the NOx discharge with high precision, and raised the controllability being obtained, without causing a cost rise.

[0096] Moreover, in either from claim 1 to claim 5, as an internal combustion engine's combustion condition, since at least one of an internal combustion engine's fuel oil consumption, fuel injection timing, ignition timing, and the EGR rates was controlled, it is effective [a control means] in a short time and the internal combustion engine control unit which could carry out the presumed operation of the NOx discharge with high precision, and raised the controllability being obtained according to claim 6 of this invention, without causing a cost rise.

[0097] According to claim 7 of this invention, it sets to either from claim 1 to claim 6. Moreover, an air-fuel ratio detection means Since the air-fuel ratio sensor which is formed in the exhaust

pipe of the upstream rather than an NOx purification catalyst, and outputs the oxygen density detecting signal according to the oxygen density in exhaust gas, and the air-fuel ratio operation means which carries out the presumed operation of the air-fuel ratio based on an oxygen density detecting signal are included. It is effective in a short time and the internal combustion engine control unit which could carry out the presumed operation of the NOx discharge with high precision, and raised the controllability being obtained, without causing a cost rise.

[0098] Moreover, in either from claim 1 to claim 6, since the air-fuel ratio operation means which carries out the presumed operation of the air-fuel ratio from an internal combustion engine's fuel oil consumption and inhalation air content is included, an air-fuel ratio detection means is effective in a short time and the internal combustion engine control unit which could carry out the presumed operation of the NOx discharge with high precision, and raised the controllability being obtained according to claim 8 of this invention, without causing a cost rise.

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-195071

(P2002-195071A)

(43) 公開日 平成14年7月10日 (2002.7.10)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)	
F 0 2 D 41/04	3 0 5	F 0 2 D 41/04	3 0 5 A	3 G 0 0 4
	3 3 0		3 3 0 A	3 G 0 6 2
	3 3 5		3 3 5 A	3 G 0 8 4
B 0 1 D 53/94		F 0 1 N 3/24	S	3 G 0 9 1
F 0 1 N 3/24			Z A B R	3 G 0 9 2

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-393090 (P2000-393090)

(22) 出願日 平成12年12月25日 (2000. 12. 25)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 金澤 由紀子

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(72) 発明者 片柴 秀昭

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(74) 代理人 100057874

弁理士 曾我 道照 (外6名)

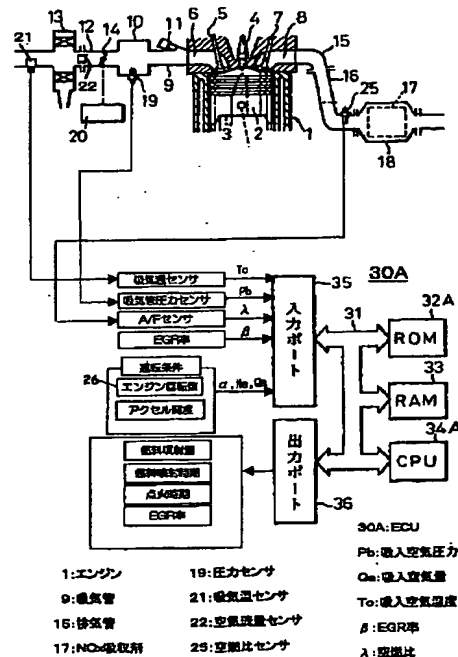
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関制御装置

(57) 【要約】

【課題】 ROM内のマップデータを不要としたので、コストアップを招くことなく短時間且つ高精度にNO_x排出量を推定演算して制御性を向上させた内燃機関制御装置を得る。

【解決手段】 吸入空気量Q_aと吸入空気の温度T_oおよび圧力P_bと空燃比λおよびEGR率βとに基づく理論式および実験式から、排気ガス中のNO_x排出量を推定演算するNO_x演算手段34Aと、NO_x排出量を低減させるように、NO_x浄化触媒17および内燃機関の燃焼状態の少なくとも一方を制御する制御手段とを備えた。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 内燃機関の吸気管に設けられて吸入空気量を検出する空気流量センサと、

前記内燃機関への吸入空気の温度および圧力を検出する温度検出手段および圧力検出手段と、

前記内燃機関の排気管に設けられて排気ガス中の空燃比を検出する空燃比検出手段と、

吸気に還流された排気ガスのEGR率を検出するEGR率検出手段と、

前記内燃機関の排気管に設けられたNOx浄化触媒と、
前記吸入空気量と前記吸入空気の温度および圧力と前記空燃比およびEGR率とに基づく理論式および実験式から、前記排気ガス中のNOx排出量を推定演算するNOx演算手段と、

前記NOx排出量を低減させるように、前記NOx浄化触媒および前記内燃機関の燃焼状態の少なくとも一方を制御する制御手段とを備えた内燃機関制御装置。

【請求項2】 前記理論式および前記実験式は、前記内燃機関の形状および燃焼モードの少なくとも一方に依存して変化する補正係数を含むことを特徴とする請求項1に記載の内燃機関制御装置。

【請求項3】 前記燃焼モードは、成層燃焼モードおよび均質燃焼モードを含むことを特徴とする請求項2に記載の内燃機関制御装置。

【請求項4】 前記NOx演算手段は、前記理論式および前記実験式から前記内燃機関内の燃焼ガスの酸素濃度、窒素濃度および燃焼ガス温度を推定演算するとともに、前記酸素濃度、前記窒素濃度および前記燃焼ガス温度に基づいて、前記排気ガス中のNOx排出量を推定演算することを特徴とする請求項1から請求項3までのいずれかに記載の内燃機関制御装置。

【請求項5】 前記制御手段は、前記空燃比を制御することにより、前記NOx浄化触媒を制御することを特徴とする請求項1から請求項4までのいずれかに記載の内燃機関制御装置。

【請求項6】 前記制御手段は、前記内燃機関の燃焼状態として、前記内燃機関の燃料噴射量、燃料噴射時期、点火時期および前記EGR率の少なくとも1つを制御することを特徴とする請求項1から請求項5までのいずれかに記載の内燃機関制御装置。

【請求項7】 前記空燃比検出手段は、前記NOx浄化触媒よりも上流側の排気管内に設けられて前記排気ガス中の酸素濃度に応じた酸素濃度検出信号を出力する空燃比センサと、前記酸素濃度検出信号に基づいて前記空燃比を推定演算する空燃比演算手段とを含むことを特徴とする請求項1から請求項6までのいずれかに記載の内燃機関制御装置。

【請求項8】 前記空燃比検出手段は、前記内燃機関の燃料噴射量および前記吸入空気量から前記空燃比を推定

演算する空燃比演算手段を含むことを特徴とする請求項1から請求項6までのいずれかに記載の内燃機関制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は排出ガス中のNOx（窒素酸化物）を還元処理するNOx浄化触媒を用いた内燃機関制御装置に関し、特にメモリ容量の拡大にともなうコストアップを招くことなく短時間且つ高精度にNOx排出量を推定演算することができ、制御性の向上を実現した内燃機関制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来のこの種の内燃機関制御装置は、たとえば、特許公報第2586739号に参照されるように、NOx吸着剤に吸収されているNOx量を推定するNOx量推定手段が用いられている。

【0003】図3は上記従来装置を示すブロック構成図であり、ガソリンエンジンに適用した場合を示している。なお、ここでは、煩雑さを避けるために、1つの気筒のみに関連して示しているが、複数の気筒毎に同様の構成を有しているものとする。

【0004】図3において、内燃機関の本体を構成するエンジン1は、ピストン2、燃焼室3、点火プラグ4、吸気弁5、吸気ポート6、排気弁7および排気ポート8を有している。

【0005】吸気ポート6は、対応する吸気管9を介してサージタンク10に連結されており、吸気管9には、吸気ポート6内に向けて燃料を噴射する燃料噴射弁11が取り付けられている。

【0006】サージタンク10は、吸気ダクト12を介してエアクリーナ13に連結され、吸気ダクト12内にはスロットル弁14が配置されている。また、吸気ダクト12内には、吸入空気量を検出する空気流量センサ（図示せず）が設けられている。

【0007】一方、排気ポート8は、排出マニホールド15および排気管16を介して、NOx吸収剤17が内蔵されたケーシング18に接続されている。NOx吸収剤17は、排気ガス内のNOxを吸収し、NOx浄化触媒として機能する。

【0008】電子制御ユニット（ECU）30は、ディジタルコンピュータからなり、双方向性バス31によって相互に接続されたROM32、RAM33、CPU34、入力ポート35および出力ポート36と、入力ポート35の入力側に挿入されたA/D変換器37、38と、出力ポート36の出力側に挿入された駆動回路39とを備えている。

【0009】サージタンク10内には、サージタンク10内の絶対圧に比例した出力電圧を発生する圧力センサ19が取り付けられており、圧力センサ19の出力電圧は、A/D変換器37を介して入力ポート35に入力され

る。

【0010】また、排気管16には、空燃比センサ25が取り付けられており、空燃比センサ25の出力電圧は、AD変換器38を介して入力ポート35に入力される。

【0011】さらに、排気管16と吸気管9との間には、排気ガスの一部を吸気管9に環流させるための周知のEGR管（図示せず）が設けられており、EGR管には、EGR量を調整するためのEGR弁が設けられている。

【0012】一方、スロットル弁14には、スロットル弁14がアイドル開度であることを検出するアイドルスイッチ20が取り付けられており、アイドルスイッチ20の出力信号は、入力ポート35に入力される。同様に、回転数センサ26の出力信号（エンジン回転数Ne）は、入力ポート35に入力される。

【0013】以下、図4および図5の説明図を参照しながら、図3に示した従来装置による概略動作について説明する。なお、従来装置の詳細な制御動作については、上記特許公報に記載されている通り、公知なのでここでは省略する。

【0014】ECU30内のCPU34は、ROM32およびRAM33と関連してNOx量推定手段を構成しており、NOx吸収剤17に吸収されているNOx量を推定演算により求める。

【0015】すなわち、NOx吸収剤17に吸収されているNOx量を直接検出することは困難なので、エンジン1から排出された排気ガス中のNOx量を求め、排気ガス中のNOx量からNOx吸収剤17内に吸収されたNOx量を推定する。

【0016】一般に、エンジン回転数Neが高くなるほどエンジン1から単位時間当たりに排出される排気ガス量が増大するので、エンジン回転数Neが高くなるにつれてエンジン1から単位時間当たりに排出されるNOx量も増大する。

【0017】また、エンジン負荷が高くなる（すなわち、サージタンク10内の絶対圧PMが高くなる）ほど、燃焼室3から排出される排気ガス量が増大し且つ燃焼温度が高くなるので、エンジン負荷が大きくなる（サージタンク10内の絶対圧PMが高くなる）ほど、エンジン1から単位時間当たりに排出されるNOx量が増大する。

【0018】図4は単位時間当たりにエンジン1から排出されるNOx量の大小を示す説明図であり、実験により求められた値を、サージタンク10内の絶対圧PM（縦軸）とエンジン回転数Ne（横軸）とに関連付けて示している。

【0019】図4において、連続した各曲線は、同一のNOx量を示している。図4のように、単位時間当たりにエンジン1から排出されるNOx量は、サージタンク

10内の絶対圧PMが高くなるほど多くなり、エンジン回転数Neが高くなるほど多くなる。

【0020】なお、図4に示されているNOx量は、図5に示すようなマップデータN11~Nijの形であらかじめROM32内に記憶されている。

【0021】また、図5のようなマップデータは、他の種々の運転状態によっても変化するので、マップ演算から正確なNOx量を求めようとすると、多大なメモリ容量を必要とし、コストアップを招くことになる。

10 【0022】

【発明が解決しようとする課題】従来の内燃機関制御装置は以上のように、ECU30内のNOx量推定手段で適用されるマップデータを、図5のようなマップデータN11~Nijとして記憶しているので、エンジン1の運転状態毎に作成してROM32内に記憶させる必要があり、多くの手間と時間が必要となり、コストアップを招くという問題点があった。

20 【0023】この発明は上記のような問題点を解決するためになされたもので、ROM内に記憶させる膨大な量のマップデータを不要として、コストアップを招くことなく短時間且つ高精度にNOx排出量を推定演算し、制御性を向上させた内燃機関制御装置を得ることを目的とする。

【0024】

【課題を解決するための手段】この発明の請求項1に係る内燃機関制御装置は、内燃機関の吸気管に設けられて吸入空気量を検出する空気流量センサと、内燃機関への吸入空気の温度および圧力を検出する温度検出手段および圧力検出手段と、内燃機関の排気管に設けられて排気ガス中の空燃比を検出する空燃比検出手段と、吸気に還流された排気ガスのEGR率を検出するEGR率検出手段と、内燃機関の排気管に設けられたNOx浄化触媒と、吸入空気量と吸入空気の温度および圧力と空燃比およびEGR率とに基づく理論式および実験式から、排気ガス中のNOx排出量を推定演算するNOx演算手段と、NOx排出量を低減させるように、NOx浄化触媒および内燃機関の燃焼状態の少なくとも一方を制御する制御手段とを備えたものである。

30 【0025】また、この発明の請求項2に係る内燃機関制御装置は、請求項1において、理論式および実験式は、内燃機関の形状および燃焼モードの少なくとも一方に依存して変化する補正係数を含むものである。

【0026】また、この発明の請求項3に係る内燃機関制御装置は、請求項2において、燃焼モードは、成層燃焼モードおよび均質燃焼モードを含むものである。

40 【0027】また、この発明の請求項4に係る内燃機関制御装置は、請求項1から請求項3までのいずれかにおいて、NOx演算手段は、理論式および実験式から内燃機関内の燃焼ガスの酸素濃度、窒素濃度および燃焼ガス温度を推定演算するとともに、酸素濃度、窒素濃度およ

び燃焼ガス温度に基づいて、排気ガス中の NO_x 排出量を推定演算するものである。

【0028】また、この発明の請求項5に係る内燃機関制御装置は、請求項1から請求項4までのいずれかにおいて、制御手段は、空燃比を制御することにより、 NO_x 浄化触媒を制御するものである。

【0029】また、この発明の請求項6に係る内燃機関制御装置は、請求項1から請求項5までのいずれかにおいて、制御手段は、内燃機関の燃焼状態として、内燃機関の燃料噴射量、燃料噴射時期、点火時期およびEGR率の少なくとも1つを制御するものである。

【0030】また、この発明の請求項7に係る内燃機関制御装置は、請求項1から請求項6までのいずれかにおいて、空燃比検出手段は、 NO_x 浄化触媒よりも上流側の排気管内に設けられて排気ガス中の酸素濃度に応じた酸素濃度検出信号を出力する空燃比センサと、酸素濃度検出信号に基づいて空燃比を推定演算する空燃比演算手段とを含むものである。

【0031】また、この発明の請求項8に係る内燃機関制御装置は、請求項1から請求項6までのいずれかにおいて、空燃比検出手段は、内燃機関の燃料噴射量および吸入空気量から空燃比を推定演算する空燃比演算手段を含むものである。

【0032】

【発明の実施の形態】実施の形態1。以下、図面を参照しながら、この発明の実施の形態1について詳細に説明する。

【0033】図1はこの発明の実施の形態1を示すブロック構成図であり、前述(図3参照)と同様のものについては、同一符号を付して、または符号の後に「A」を付して、詳述を省略する。

【0034】なお、ここでは、ECU30A内のA/D変換器37、38および駆動回路39(図3参照)は、簡略化のため図示されていない。

【0035】図1において、吸気管9内のエアクリーナ13の上流側には、吸入空気の温度 T_o を検出する吸気温度センサ21が設けられている。また、吸気管9内のエアクリーナ13の下流側には、吸入空気の流量 Q_a を検出する空気流量センサ(エアフローセンサ)22が設けられている。

【0036】圧力センサ19は、吸気管9内の圧力 P_b を吸入空気の圧力として検出し、実質的に吸気圧センサとして機能する。吸入空気圧 P_b 、吸入空気温度 T_o 、吸入空気量 Q_a は、空燃比センサ25からの空燃比 λ とともに、エンジン1の運転状態を示す各種センサ情報として、ECU30A内の入力ポート35に入力される。

【0037】また、各種センサ手段として、EGR管(図示せず)によるEGR量調整用のEGR弁の開度 β からEGR率を検出するEGRセンサが設けられてお

り、吸気に還流された排気ガス量を示すEGR率は、入力ポート35に入力される。

【0038】さらに、運転条件としては、エンジン回転数 N_e およびアクセル開度 α のみならず、エアフローセンサからの吸入空気量 Q_a なども入力ポート35に入力される。

【0039】ECU30A内のCPU34Aは、吸入空気量 Q_a と、吸入空気温度 T_o および吸入空気圧 P_b と、空燃比 λ およびEGR率(EGR開度 β)とに基づく理論式および実験式(後述する)から、排気ガス中の NO_x 排出量を推定演算する NO_x 演算手段を含む。

【0040】また、CPU34Aは、 NO_x 排出量を低減させるように、 NO_x 浄化触媒17およびエンジン1の燃焼状態の少なくとも一方を制御する制御手段を含む。

【0041】ここで、理論式および実験式は、ROM32A内にあらかじめ格納されており、エンジン1の形状および燃焼モードの少なくとも一方に依存して変化する補正係数を含む。

【0042】燃焼モードとしては、たとえば、筒内噴射エンジンの場合の成層燃焼モード、および、通常のストイキ運転制御時の均質燃焼モードなどがあげられる。

【0043】また、CPU34A内の NO_x 演算手段は、理論式および実験式からエンジン1内の燃焼ガスの酸素濃度、窒素濃度および燃焼ガス温度を推定演算するとともに、酸素濃度、窒素濃度および燃焼ガス温度に基づいて、排気ガス中の NO_x 排出量を推定演算する。

【0044】CPU34A内の制御手段は、たとえば空燃比 λ を制御することにより NO_x 浄化触媒17を制御する。

【0045】また、CPU34A内の制御手段は、エンジン1の燃焼状態として、エンジン1の燃料噴射量、燃料噴射時期、点火時期およびEGR率の少なくとも1つを制御する。

【0046】空燃比検出手段は、図示されたように、 NO_x 浄化触媒17よりも上流側の排気管16内に設けられて排気ガス中の酸素濃度に応じた酸素濃度検出信号を出力する空燃比センサ25と、酸素濃度検出信号に基づいて空燃比 A/F を推定演算するCPU34A内の空燃比演算手段とにより構成されている。

【0047】また、空燃比検出手段は、エンジン1の燃料噴射量および吸入空気量 Q_a から空燃比 A/F を推定演算するCPU34A内の空燃比演算手段により構成されてもよい。

【0048】次に、図1に示したこの発明の実施の形態1による NO_x 排出量の推定演算動作について説明する。

【0049】まず、エンジン1で生成される NO_x (窒素酸化物)は、ツェルドビッチ(Zeldovich)N-O(一酸化窒素)がメインであり、その反応メカニズム

は、以下の式(1)、(2)で表される。

【0050】

【数1】



*【0051】また、式(1)、(2)に基づくNOの生成速度は、以下の式(3)、(4)で表される。

【0052】

【数2】

$$\frac{d[\text{NO}]}{dt} = k[\text{N}_2][\text{O}_2]^{1/2} \quad (\text{kmol/m}^3\text{s}) \quad (3)$$

$$k = 4.52 \times 10^{15} T^{-1/2} \exp\left(-\frac{69460}{T}\right) \quad (4)$$

【0053】式(3)において、[NO]、[N₂]、[O₂]は、それぞれ、NO、N₂(窒素)、O₂(酸素)の濃度を示し、式(4)において、Tは温度を示す。

※【0054】ここで、エンジン1における燃焼反応メカニズムは、以下の式(5)で表される。

【0055】

※【数3】

$$\begin{aligned} & \text{C}_8\text{H}_{18} + \frac{\lambda}{15}(12.5\text{O}_2 + 47\text{N}_2) + \beta\{8\text{CO}_2 + 9\text{H}_2\text{O} + 12.5\left(\frac{\lambda}{15} - 1\right)\text{O}_2 + 47\frac{\lambda}{15}\text{N}_2\} \\ & \rightarrow (1+\beta)\{8\text{CO}_2 + 9\text{H}_2\text{O} + 12.5\left(\frac{\lambda}{15} - 1\right)\text{O}_2 + 47\frac{\lambda}{15}\text{N}_2\} \end{aligned} \quad (5)$$

【0056】式(5)において、βはEGR率、λは空燃比である。また、N₂およびO₂の各濃度[N₂]、[O₂](kmol/m³)は、以下の式(6)、(7)で表される。

★(7)で表される。

【0057】

★【数4】

$$[\text{N}_2] = \frac{47(\lambda/15)(1+\beta)\varepsilon P \times 273/T_0}{22.4(1+\beta)(4.5+59.5(\lambda/15))} = \frac{47(\lambda/15)\varepsilon P \times 273/T_0}{22.4(4.5+59.5(\lambda/15))} \quad (6)$$

$$[\text{O}_2] = \frac{12.5((\lambda/15)-1)(1+\beta)\varepsilon P \times 273/T_0}{22.4(1+\beta)(4.5+59.5(\lambda/15))} = \frac{0.558 \times ((\lambda/15)-1)\varepsilon P \times 273/T_0}{(4.5+59.5(\lambda/15))} \quad (7)$$

【0058】式(6)、(7)において、εは圧縮比、P(atm)は吸気圧力、T₀(K)は吸気温度を表す。また、窒素濃度[N₂]は、近似的に以下の式(8)で表される。

30☆【0060】上記各式(3)、(4)、(7)、(8)から、1ストローク当たり(燃焼時)に放出されるNOの濃度[NO]は、以下の式(9)、(10)で表される。

【0059】

【0061】

【数5】

【数6】

$$[\text{N}_2] = \frac{47\varepsilon P \times 273/T_0}{22.4 \times 64} = \frac{8.95\varepsilon P}{T_0} \quad (8)$$

☆

$$[\text{NO}] = \frac{60}{n_E} \times 4.52 \times 10^{15} \times T^{-1/2} \exp\left(-\frac{69460}{T}\right) \times \frac{8.95\varepsilon P}{T_0}$$

$$\times \left[\frac{0.558 \times ((\lambda/15)-1)\varepsilon P \times 273/T_0}{4.5+59.5(\lambda/15)} \right]^{1/2} \quad (\text{kmol/m}^3) \quad (9)$$

$$= \frac{3.0 \times 10^{19}}{n_E} T^{-1/2} \exp\left(-\frac{69460}{T}\right) \times \left[\frac{(\lambda/15)-1}{4.5+59.5(\lambda/15)} \right]^{1/2} \varepsilon^{3/2} P^{3/2} T_0^{-3/2} \quad (10)$$

【0062】式(9)、(10)において、n_E(rpm)は、エンジン回転数Neを示す。ここで、1ストローク当たりの燃料噴射量をG_f(kg)とすると、4サイクルエンジンにおける1ストローク当たりのNO放出

量G_{no}(kg)は、以下の式(11)、(12)で表される。

【0063】

【数7】

$$G_{ao} = \frac{9}{2} \frac{[NO]}{(kmol/m^3)} \times M_{NO}(kg/kmol) \times \text{排出ガス量}(m^3) \\ = \frac{3.0 \times 10^{19}}{2n_E} T^{-1/2} \exp\left(-\frac{69460}{T}\right) \times \left[\frac{(\lambda/15)-1}{4.5+59.5(\lambda/15)}\right]^{1/2} \\ \times \epsilon^{3/2} \times P^{3/2} \times T_0^{-3/2} \times 30 \times \left\{\frac{G_f}{114} \times \left[4.5+59.5\frac{\lambda}{15}\right] \times 22.4\right\} (kg) \quad (11)$$

$$= \frac{8.84 \times 10^{19}}{n_E} T^{-1/2} \exp\left(-\frac{64900}{T}\right) \times \{((\lambda/15)-1)(4.5+59.5(\lambda/15))\}^{1/2} \\ \times G_f \times \epsilon^{3/2} \times P^{3/2} \times T_0^{-3/2} (kg) \quad (12)$$

【0064】また、単位時間当たりで排出されるNO総 * 【0065】
量 G_{noT} (kg) は、以下の式(13)、(14)で 【数8】
表される。 *

$$G_{noT} = CG_{ao} \frac{n_E}{60} \quad (13)$$

$$= 14.7 \times 10^{17} \times T^{-1/2} \exp\left(-\frac{64900}{T}\right) \times \{(\lambda/15-1)(4.5+59.5(\lambda/15))\}^{1/2} \\ \times G_f \times \epsilon^{3/2} \times P^{3/2} \times T_0^{-3/2} \times C (kg/s) \quad (14)$$

【0066】式(13)、(14)において、Cは補正 ※ プ指数 κ を用いて、以下の式(15)～(17)で表さ
係数である。また、温度 T としては、代表的に熱損失が れる。
無い場合の最高断熱火炎温度が用いられ、火炎温度 T 【0067】
は、平均定圧比熱 C_p 、吸気温度 T_0 およびポリトロップ ※ 【数9】

$$T = \left\{ \frac{\Delta H}{c_p G} + T_0 \right\} \times \epsilon^{\kappa-1} \quad (15)$$

$$= \left\{ \frac{10670 \times 0.114}{c_p(1+\beta)\{8 \times 0.044 + 9 \times 0.018 + 12.5(\lambda/15-1) \times 0.032 + 47 \times 0.028(\lambda/15)\}} + T_0 \right\} \times \epsilon^{\kappa-1} \quad (16)$$

$$= \left\{ \frac{1216}{c_p(1+\beta)(0.114 + 0.916(\lambda/15))} + T_0 \right\} \times \epsilon^{\kappa-1} \quad (17)$$

c_p : 平均定圧比熱(kcal/kg°C)

T_0 : 吸気温度(K)

κ : ポリトロップ指数

【0068】ここで、平均定圧比熱 C_p は、以下の式 ★ 【0069】
(18)で近似される。 ★ 【数10】

$$c_p = 0.518 - 0.219(\lambda/15) + 0.0521(\lambda/15)^2 \quad (18)$$

【0070】したがって、火炎温度 T は、以下の式(1 【0071】
9)、(20)で表される。 【数11】

$$T = \left(\frac{1216}{(0.518-0.219(\lambda/15)+0.0521(\lambda/15)^2)(1+\beta)(0.114+0.916(\lambda/15))} + T_0 \right) \times \varepsilon^{\kappa-1} \quad (19)$$

$$= [1216(1-\beta)\{3.305-0.5346(\lambda/15)\} + T_0] \times \varepsilon^{\kappa-1} \quad (20)$$

【0072】式(20)を上記式(14)に代入する * 【0073】
と、以下の式(21)が得られる。 * 【数12】

$$G_{noT} = 6.88 \times 10^{17} \times ([1216(1-\beta)\{3.305-0.5346(\lambda/15)\} + T_0] \times \varepsilon^{\kappa-1})^{1/2} \\ \times \exp \left(- \frac{64900}{[1216(1-\beta)\{3.305-0.5346(\lambda/15)\} + T_0] \times \varepsilon^{\kappa-1}} \right) \\ \times \{(\lambda/15-1)(4.5+59.5(\lambda/15))\}^{1/2} \times G_f \times \varepsilon^{3/2} \times P^{3/2} \times T_0^{-3/2} \times C \quad (kg/s) \quad (21)$$

【0074】式(21)をさらに近似式で表すと、以下 * 【0075】
の式(22)～(24)のようになる。 * 【数13】

$$G_{noT} = f(\lambda)g(\beta)h(\varepsilon)i(T_0) \times P^{3/2} \times G_f \times C \quad (22)$$

$$= 14.7 \times 10^{17} \\ \times (-1.839 \times 10^{-7} + 4.2374 \times 10^{-8} \lambda - 3.9847 \times 10^{-9} \lambda^2 \\ + 1.9701 \times 10^{-10} \lambda^3 - 5.415 \times 10^{-12} \lambda^4 + 7.8535 \times 10^{-14} \lambda^5 - 4.698 \times 10^{-16} \lambda^6) \\ \times (1 - 14.27\beta + 69.16\beta^2 - 110.97\beta^3) \\ \times (1.693 - 0.004644T_0 + 7.776 \times 10^{-6}T_0^2) \\ \times (-6.26 + 1.98\varepsilon) \times P^{3/2} \times G_f \times C \quad (23)$$

$$G_{noT} = f(\lambda)g(\beta)h(\varepsilon)i(T_0) \times P^{3/2} \times G_f \times C \\ = (-1.839 \times 10^{-7} + 4.2374 \times 10^{-8} \lambda - 3.9847 \times 10^{-9} \lambda^2 \\ + 1.9701 \times 10^{-10} \lambda^3 - 5.415 \times 10^{-12} \lambda^4 + 7.8535 \times 10^{-14} \lambda^5 - 4.698 \times 10^{-16} \lambda^6) \\ \times (1 - 14.27\beta + 69.16\beta^2 - 110.97\beta^3) \\ \times (1.693 - 0.004644T_0 + 7.776 \times 10^{-6}T_0^2) \\ \times (-6.26 + 1.98\varepsilon) \times P^{3/2} \times G_f \times C_0 \quad (24)$$

【0076】式(22)～(24)において、Cおよび 40
C₀は、補正係数であり、エンジン1の形状、燃焼モー
ド(成層燃焼、均質燃焼)などに依存して変化する。

【0077】こうして、検出された空燃比λ、EGR率
β、吸入空気圧力P_bおよび吸入空気温度T₀から、式
(21)、(23)または(24)に基づいて、単位時
間当たりに排出されるNO_x量を算定し、これを積算す
ることにより、総NO_x排出量QNTを以下の式(2
5)、(26)のように推定演算する。

【0078】

【数14】

$$QNT = \int G_{noT} dt \quad (25)$$

$$= \sum G_{noT} \Delta t \quad (26)$$

【0079】次に、図2のフローチャートを参照しなが
ら、この発明の実施の形態1によるNO_x処理手順につ
いて説明する。図2において、まず、各種センサ手段か
らエンジン1の運転状態(アクセル開度α、EGR率
β、空燃比λ、エンジン回転数N_e、吸気管圧力P_b、

吸入空気量 Q_a 、吸気温度 T_o など)を検出する(ステップS1)。

【0080】続いて、運転状態に応じて、目標トルク T_{qo} を設定し(ステップS2)、目標空燃比 λ_o を設定し(ステップS3)、目標EGR開度 β_o を設定する(ステップS4)。

【0081】次に、上記式(6)～(10)のように、エンジン1内の燃焼ガスの NO_x (NO)濃度 $[NO]$ 、酸素濃度 $[O_2]$ 、窒素濃度 $[N_2]$ を推定演算するとともに、上記式(19)、(20)のように、熱損失が無い場合の最高断熱火炎温度 T を燃焼ガス温度として推定演算する(ステップS5)。

【0082】以下、酸素濃度 $[O_2]$ 、窒素濃度 $[N_2]$ および燃焼ガス温度 T に基づいて、上記式(22)～(26)のように、排気ガス中の NO_x 排出量 Q_{NT} を推定演算し(ステップS6)、 NO_x 排出量 Q_{NT} を浄化できるように、空燃比 λ を制御して、 NO_x 浄化触媒17を制御する(ステップS7)。

【0083】このように、各種センサ手段からの空燃比 λ 、EGR率 β 、吸入空気圧力 P_b および吸入空気温度 T_o に基づく理論式および実験式を用いることにより、メモリ容量を増大させることなく、 NO_x 排出量 Q_{NT} を短時間且つ高精度に演算することができる。

【0084】すなわち、種々の運転モードに合わせた膨大な量のマップデータを作成する必要が無く、燃焼モード(成層燃焼、均質燃焼)、エンジン1の形状などの変化に対応した数種類の補正係数(たとえば、式(23)内の C 参照)を用いて調整するのみでよく、簡単且つ短時間に個々のエンジン1に応じた制御を行うことができる。

【0085】したがって、短時間に推定演算された高精度の NO_x 排出量 Q_{NT} に応じて、 NO_x 浄化触媒17を効果的に制御し、 NO_x 排出量 Q_{NT} を軽減することができる。

【0086】なお、ここでは、 NO_x 排出量 Q_{NT} に応じて、 NO_x 浄化触媒17を制御する場合を示したが、 NO_x 排出量 Q_{NT} を軽減するようにエンジン1の燃焼状態操作量を制御してもよい。

【0087】この場合、ECU30Aにより制御される燃焼状態操作量としては、たとえば、図1に示された燃料噴射量、燃料噴射時期、点火時期およびEGR率などがあげられる。

【0088】また、空燃比検出手段として、 NO_x 浄化触媒17の上流側の排気管15に設けられた空燃比センサ25を用いたが、吸気管9に設けられた空気流量センサ22からの吸入空気量 Q_a とECU30Aによる燃料噴射制御量とを用いて演算してもよい。

【0089】この場合、ECU30A内において、空気流量検出値 Q_a と燃料噴射量(ECU30Aの制御量)とから空燃比 λ が推定演算されることになる。

【0090】さらに、 NO_x 浄化触媒として NO_x 吸収剤17を用いたが、他の NO_x 浄化触媒を用いてもよい。

【0091】

【発明の効果】以上のように、この発明の請求項1によれば、内燃機関の吸気管に設けられて吸入空気量を検出する空気流量センサと、内燃機関への吸入空気の温度および圧力を検出する温度検出手段および圧力検出手段と、内燃機関の排気管に設けられて排気ガス中の空燃比を検出する空燃比検出手段と、吸気に還流された排気ガスのEGR率を検出するEGR率検出手段と、内燃機関の排気管に設けられた NO_x 浄化触媒と、吸入空気量と吸入空気の温度および圧力と空燃比およびEGR率とに基づく理論式および実験式から、排気ガス中の NO_x 排出量を推定演算する NO_x 演算手段と、 NO_x 排出量を低減させるように、 NO_x 浄化触媒および内燃機関の燃焼状態の少なくとも一方を制御する制御手段とを備え、ROM内に記憶させる膨大な量のマップデータを不要としたので、コストアップを招くことなく短時間且つ高精度に NO_x 排出量を推定演算することができ、制御性を向上させた内燃機関制御装置が得られる効果がある。

【0092】また、この発明の請求項2によれば、請求項1において、理論式および実験式は、内燃機関の形状および燃焼モードの少なくとも一方に依存して変化する補正係数を含むので、コストアップを招くことなく短時間且つ高精度に NO_x 排出量を推定演算することができ、制御性を向上させた内燃機関制御装置が得られる効果がある。

【0093】また、この発明の請求項3によれば、請求項2において、燃焼モードは、成層燃焼モードおよび均質燃焼モードを含むので、コストアップを招くことなく短時間且つ高精度に NO_x 排出量を推定演算することができ、制御性を向上させた内燃機関制御装置が得られる効果がある。

【0094】また、この発明の請求項4によれば、請求項1から請求項3までのいずれかにおいて、 NO_x 演算手段は、理論式および実験式から内燃機関内の燃焼ガスの酸素濃度、窒素濃度および燃焼ガス温度を推定演算するとともに、酸素濃度、窒素濃度および燃焼ガス温度に基づいて、排気ガス中の NO_x 排出量を推定演算するようにしたので、コストアップを招くことなく短時間且つ高精度に NO_x 排出量を推定演算することができ、制御性を向上させた内燃機関制御装置が得られる効果がある。

【0095】また、この発明の請求項5によれば、請求項1から請求項4までのいずれかにおいて、空燃比を制御することにより NO_x 浄化触媒を制御するようにしたので、コストアップを招くことなく短時間且つ高精度に NO_x 排出量を推定演算することができ、制御性を向上させた内燃機関制御装置が得られる効果がある。

【0096】また、この発明の請求項6によれば、請求項1から請求項5までのいずれかにおいて、制御手段は、内燃機関の燃焼状態として、内燃機関の燃料噴射量、燃料噴射時期、点火時期およびEGR率の少なくとも1つを制御するようにしたので、コストアップを招くことなく短時間且つ高精度にNOx排出量を推定演算することができ、制御性を向上させた内燃機関制御装置が得られる効果がある。

【0097】また、この発明の請求項7によれば、請求項1から請求項6までのいずれかにおいて、空燃比検出手段は、NOx浄化触媒よりも上流側の排気管内に設けられて排気ガス中の酸素濃度に応じた酸素濃度検出信号を出力する空燃比センサと、酸素濃度検出信号に基づいて空燃比を推定演算する空燃比演算手段とを含むので、コストアップを招くことなく短時間且つ高精度にNOx排出量を推定演算することができ、制御性を向上させた内燃機関制御装置が得られる効果がある。

【0098】また、この発明の請求項8によれば、請求項1から請求項6までのいずれかにおいて、空燃比検出手段は、内燃機関の燃料噴射量および吸入空気量から空燃比を推定演算する空燃比演算手段を含むので、コストアップを招くことなく短時間且つ高精度にNOx排出量を推定演算することができ、制御性を向上させた内燃機*

* 関制御装置が得られる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1を示すブロック構成図である。

【図2】 この発明の実施の形態1による推定演算処理動作および制御動作を示すフローチャートである。

【図3】 従来の内燃機関制御装置を示すブロック構成図である。

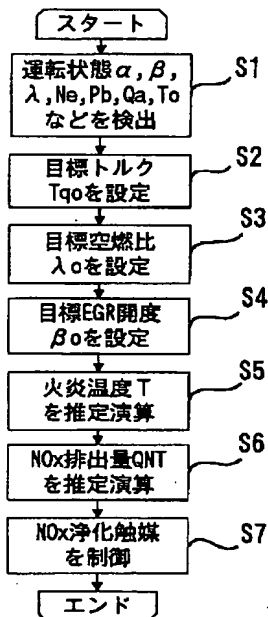
【図4】 一般的な内燃機関制御装置における単位時間当たりのNOx排出量の大小を示す説明図である。

【図5】 従来の内燃機関制御装置によるNOx排出量のマップデータを示す説明図である。

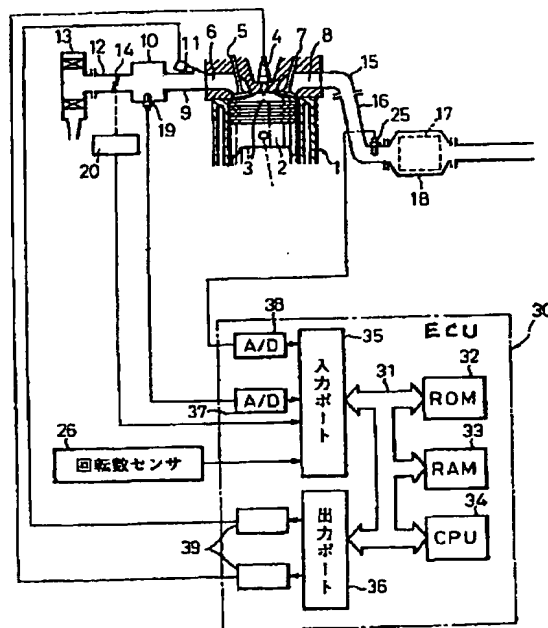
【符号の説明】

1 エンジン、9 吸気管、15 排気管、17 NOx吸収剤（NOx浄化触媒）、19 圧力センサ、21 吸気温度センサ、22 空気流量センサ、25 空燃比センサ、30A ECU、34A CPU、Pb 吸入空気圧力、Qa 吸入空気量、QNT NOx排出量、T 火炎温度（燃焼ガス温度）、To 吸入空気温度、 β EGR率、 λ 空燃比、S1 運転状態を検出するステップ、S5 燃焼ガス温度を推定演算するステップ、S6 NOx排出量を推定演算するステップ、S7 NOx浄化触媒を制御するステップ。

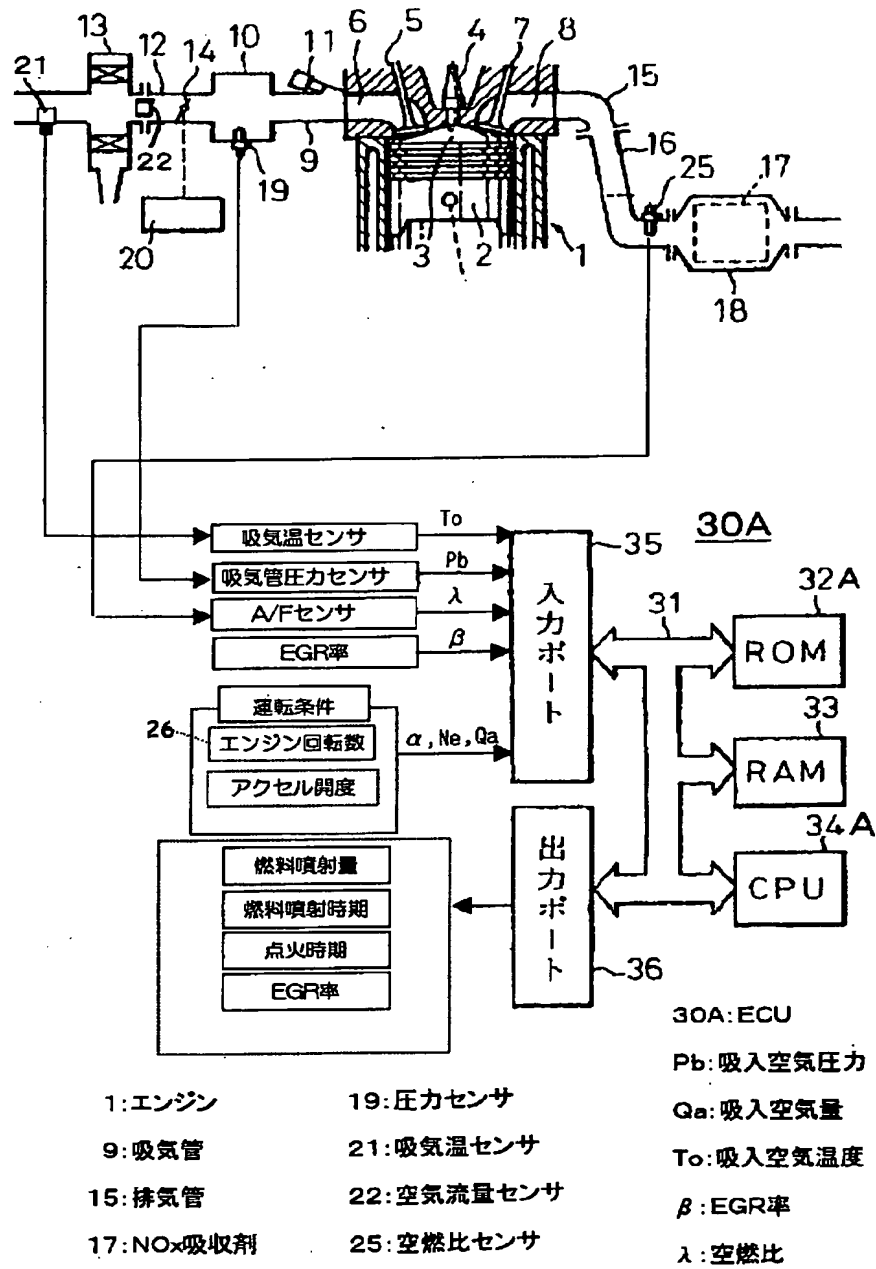
【図2】



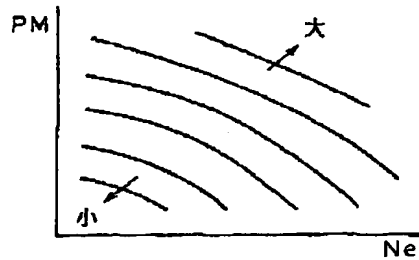
【図3】



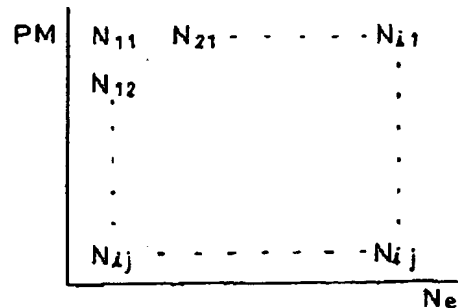
【図1】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
F 0 1 N 3/24	Z A B	F 0 1 N 3/28	3 0 1 C 3 G 3 0 1
3/28	3 0 1	7/00	A 4 D 0 4 8
7/00		F 0 2 D 21/08	3 0 1 C
F 0 2 D 21/08	3 0 1	41/02	3 3 0 E
41/02	3 3 0		3 3 0 F
		45/00	3 0 1 F
45/00	3 0 1	F 0 2 M 25/07	5 5 0 R
F 0 2 M 25/07	5 5 0		5 5 0 E
		B 0 1 D 53/36	1 0 1 A

(72)発明者 川尻 和彦
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
 菱電機株式会社内

(72)発明者 米澤 崇
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
 菱電機株式会社内

F ターム (参考) 3G004 AA01 BA06 DA25
 3G062 AA03 AA07 BA02 BA04 BA05
 BA08 DA01 DA02 EA12 FA04
 FA05 FA10 FA23 GA01 GA02
 GA04 GA06 GA09 GA12 GA15
 GA17 GA21 GA26
 3G084 AA00 AA04 DA04 DA10 DA13
 FA02 FA07 FA11 FA29 FA37
 3G091 AA02 AA11 AA12 AA17 AA23
 AA24 AA28 AB05 AB06 BA14
 CB02 CB03 CB05 CB08 DA01
 DA02 DB10 DB13 EA01 EA05
 EA06 EA07 EA15 EA23 EA34
 FB10 FB12 HA36 HB05
 3G092 AA01 AA09 AA17 BA06 BA09
 BB02 BB06 DC09 EA11 FA06
 FA17 HA01Z HA04Z HA05Z
 HD05Z HD07Z
 3G301 HA01 HA13 HA16 JA19 JA25
 LA00 MA01 MA12 PA01Z
 PA07Z PA10Z PD02Z PD15Z
 4D048 AA06 AB03 DA01 DA02 DA20